



UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

Realizacija kafe aparata pomoću PLC-a

SEMINARSKI RAD

Studenti:

Abdullah Awad, Džana Čankušić i Amer Mušinbegović

Mentor:

Red. prof. dr Jasmin Velagić

Asistent:

Mr. dipl. ing Tarik Pozderac

Sarajevo, Juni 2023.

Sažetak

Ovaj rad sadrži realizaciju kafe aparata kao konačnog automata korištenjem programabilnog logičkog kontrolera i SoMachine softverskog paketa. Data su teorijska objašnjenja korištenih alata u svrhu jednostavnijeg razumijevanja samog problema, te je ponuđeno i detaljno analizirano rješenje zadatka.

Ključne riječi: Programabilni logički kontroler (PLC), SoMachine, konačni automat, kafe aparat

Abstract

This paper contains the realization of a coffee machine as a finite state machine using a programmable logic controller and the SoMachine software package. Theoretical explanations of the tools used are given for the purpose of a simpler understanding of the problem itself, and the solution of the task is offered and analyzed in detail.

Keywords: Programmable logic controller (PLC), SoMachine, finite state machine, coffee machine

Sadržaj

Popis slika	iii
1 Uvod	1
2 Definisanje projektnog zadatka	2
3 Korišteni softver i hardver	3
3.1 Softverski alat SoMahchine	3
3.2 Programabilni logički kontroler (PLC)	4
4 Softversko rješenje	6
4.1 SoMachine program	6
4.2 Kod za kafe aparat	9
5 Hardversko rješenje	13
5.1 Komponente potrebne za izradu	13
5.2 Shema spajanja	15
6 Zaključak	16
Literatura	17

Popis slika

3.1	Izgled PLC kontrolera	4
4.1	Početni ekran	6
4.2	Početni ekran nakon ubacivanja 1.50 KM	7
4.3	Sipanje vode	7
4.4	Stavljanje šećera	7
4.5	Sipanje vode	8
4.6	Ekran za preuzimanje narudžbe	8
4.7	Izgled programa u SoMachine-u pomoću SFC-a	9
5.1	Optički senzor	13
5.2	Taster normally open	14
5.3	Elektromagnetni ventil	14
5.4	Infracrveni senzor udaljenosti	14
5.5	Shema povezivanja u QElectroTech-u	15

Poglavlje 1

Uvod

U modernoj industriji, automatika i automatizacija su neizostavni faktori. Automatizacija podrazumijeva prenošenje čovjekovog rada na strojeve i često je povezana s mehanizacijom. Dok mehanizacija oslobađa ljude od fizički zahtjevnih poslova, automatizacija zamjenjuje ljude i u fizičkom i u intelektualnom radu.

Raniji proizvodni sistemi koristili su relejne sisteme za upravljanje. To su bili sistemi koji su se sastojali od brojnih elektromehaničkih releja koji su bili povezani žicama. Svaka promjena u proizvodnom procesu zahtijevala bi težak proces preuređivanja i ponovnog povezivanja releja kako bi se ostvarila funkcionalna cjelina. Tokom tog vremena, proizvodnja bi stajala i kompanija bi pretrpjela velike gubitke.

S obzirom da su danas glavni ciljevi visoka produktivnost i profit, relejni sistemi za upravljanje nisu više bili prihvatljivi. Iz tog razloga, razvijena je ideja upravljanja pomoću programabilnih logičkih kontrolera - PLC uređaja. PLC uređaji zamijenili su stare sisteme upravljanja i postavili novi standard u modernoj industriji. Glavna karakteristika ovih sistema je modularnost i fleksibilnost, što omogućuje brzo prilagođavanje dinamičnim proizvodnim procesima današnjice.

Poglavlje 2

Definisanje projektnog zadatka

Suštinski, zadatak je realizirati kafe aparat korištenjem softverskog alata SoMachine. Korištenjem četiri tastera je moguće se naručiti kafu, čaj, kakao i kapučino. Aparat prima kovanice od 0.5 KM, 1 KM, 2KM i 5 KM, te vraća kusur. Proces pravljenja pojedinog napitka je sljedeći:

- kafa (košta 1 KM) se pravi tako što se 5 sekundi dodaje voda, 5 sekundi dodaje prah (iz posude 1) i 1 sekundu šećer (iz posude 2),
- čaj (košta 0.5 KM) se pravi tako što se 5 sekundi dodaje voda, 1 sekunda se dodaje prah (iz posude 3) i 2 sekunde šećer (iz posude 2),
- kakao (košta 1 KM) se pravi tako što se 5 sekundi dodaje voda, 2 sekunda se dodaje prah (iz posude 4) i 4 sekunde šećer (iz posude 2),
- kapučino (košta 1.5 KM) se pravi tako što se 5 sekundi dodaje voda, 5 sekundi se dodaje prah (iz posude 4), 5 sekunde se dodaje mlijeko (iz posude 5), 5 sekunde šećer (iz posude 2), Konačno, potrebno je na odgovarajućem HMI (Human-Machine Interface) realizirati interaktivni (simulacioni) panel.

Prvi dio ovog rada će dati temeljitu teorijsku podlogu za hardverski i softverski dio korišten za realizaciju kafe aparata kao konačnog automata.

U drugom dijelu rada navest će biti ponuđen prijedlog rješenja zadatog problema korištenjem SoMachine-a i PLC kontrolera.

Poglavlje 3

Korišteni softver i hardver

3.1 Softverski alat SoMachine

SoMachine je softverski alat razvijen od strane Schneider Electric-a za programiranje i upravljanje automatiziranim sistemima. To je integrirano razvojno okruženje koje omogućuje programerima da lako razvijaju, testiraju i implementiraju PLC (Programmable Logic Controller) aplikacije.

SoMachine podržava različite serije PLC kontrolera Schneider Electric, kao što su serije Modicon M238, M258, M340, M580 i drugi. Ovaj alat omogućuje korisnicima da programiraju PLC kontrolere koristeći različite programabilne jezike, kao što su ljestvičasti (ladder) dijagram, strukturirani tekst (Structured Text), funkcionalni blok dijagram (Function Block Diagram) i drugi.

Nekoliko ključnih značajki SoMachine softverskog alata su:

- Jednostavan za upotrebu: SoMachine ima intuitivno korisničko sučelje koje olakšava programiranje i konfiguraciju PLC-a. Ima intuitivni radni prostor s grafičkim prikazom, pa korisnici mogu lako stvoriti i uređivati programsku logiku.
- Jedinstveno programiranje: SoMachine omogućuje korisnicima da programiraju PLC kontrolere, HMI (Human-Machine Interface) uređaje i razne dodatne module koristeći jedan softver. To znači da se programiranje i integracija svih komponenti sistema obavljaju na jednom mjestu.
- Napredne funkcionalnosti: SoMachine pruža bogat skup biblioteka, funkcionalnih blokova i predložaka koji olakšavaju razvoj i implementaciju složenih aplikacija. Također podržava funkcionalnosti poput pokreta i sigurnosti, što omogućuje korisnicima da implementiraju različite vrste automatiziranih procesa.
- Brza i pouzdana veza: SoMachine omogućuje brzu i pouzdanu vezu s PLC kontrolerima putem Ethernet-a ili serijskih veza. Ovo olakšava prijenos programa, dijagnostiku i nadzor u stvarnom vremenu.
- Integracija s drugim alatima: SoMachine se može lako integrirati s drugim softverskim alatima Schneider Electric-a, kao što su Vijeo Designer za razvoj HMI-a i Unity Pro za napredno programiranje i upravljanje.

SoMachine je moćan alat za programiranje i upravljanje PLC sistemima koji pruža fleksibilnost, jednostavnost i napredne funkcionalnosti. Omogućuje korisnicima da brzo razvijaju i implementiraju automatizirane aplikacije u raznim industrijskim okruženjima.

3.2 Programabilni logički kontroler (PLC)

Programabilni logički kontroler je elektronički uređaj koji se koristi za upravljanje i kontrolu industrijskih procesa. On predstavlja srce automatiziranih sistema u modernoj industriji. PLC kontroleri osiguravaju precizno i pouzdano upravljanje raznim uređajima, strojevima i sistemima, a sam izgled je prikazan na slici 3.1.



Slika 3.1: Izgled PLC kontrolera

Jedna od ključnih karakteristika PLC kontrolera je njegova programabilnost. Korisnik može programirati PLC kontroler kako bi izvršavao različite zadatke i kontrolirao različite procese. Programiranje se obično vrši pomoću posebnih softverskih alata koji omogućuju izradu logičkih instrukcija i funkcionalnosti.

Osnovne komponente PLC kontrolera uključuju:

- CPU (Central Processing Unit): Glavna jedinica koja izvršava logiku i obradu podataka u PLC kontroleru.
- Memorijske jedinice: Koriste se za pohranu programa, podataka i konfiguracijskih postavki.
- Ulazno/izlazne jedinice (I/O moduli): Služe za povezivanje PLC kontrolera s vanjskim senzorima, aktuatorima i drugim uređajima. Ulazni moduli primaju signale iz stvarnog svijeta (npr. prekidače, senzore), dok izlazni moduli kontroliraju rad vanjskih uređaja (npr. motori, ventili).
- Komunikacijska sučelja: Omogućuju povezivanje PLC kontrolera s drugim uređajima, računalima ili mrežama radi prijenosa podataka ili daljinskog upravljanja.

Kada je riječ o njegovim karakteristikama, mogu se istaći sljedeće prednosti:

- Pouzdanost: PLC kontroleri su izuzetno pouzdani i otporni na ekstremne uvjete rada.

- **Fleksibilnost:** Mogu se lako prilagoditi promjenama u proizvodnom procesu ili zahtjevima klijenata.
- **Brza reakcija:** PLC kontroleri mogu brzo izvršavati logičke operacije i reagirati na promjene u stvarnom vremenu.
- **Modularnost:** PLC kontroleri su modularni, što znači da se mogu lako proširivati ili mijenjati prema potrebama sistema. Dodavanje ili zamjena modula omogućuje fleksibilnost i prilagodljivost bez potrebe za velikim promjenama u sistemu.
- **Jednostavno održavanje:** PLC kontroleri olakšavaju održavanje sistema jer se programi i konfiguracije mogu ažurirati ili mijenjati bez potrebe za fizičkim preinakama na strojevima ili sistemima.
- **Sigurnost:** PLC kontroleri pružaju visoku razinu sigurnosti jer se programi mogu provjeravati i testirati prije implementacije. Također, moguće je postaviti sigurnosne mehanizme poput lozinki i pristupnih ograničenja za zaštitu od neovlaštenog pristupa i manipulacija.
- **Jednostavno programiranje:** PLC kontroleri podržavaju različite programabilne jezike, kao što su ladder logika, strukturirani tekst (Structured Text), funkcionalni blok dijagram (Function Block Diagram) i mnogi drugi. To omogućuje programerima da odaberu najprikladniji jezik za implementaciju specifičnih funkcionalnosti i logike sistema.

PLC kontroleri omogućuju izgradnju složenih sistema upravljanja s visokim nivoom automatizacije. Mogu se koristiti za nadzor i upravljanje različitim procesima poput proizvodnje, transporta, distribucije energije, vodosnabdijevanja i mnogo više.

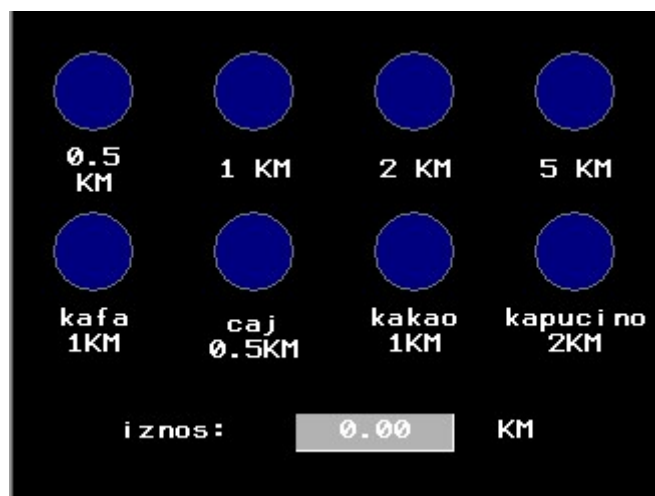
Poglavlje 4

Softversko rješenje

U ovom poglavlju će se govoriti o samom programu i biti će objašnjeno kako aplikacija radi.

4.1 SoMachine program

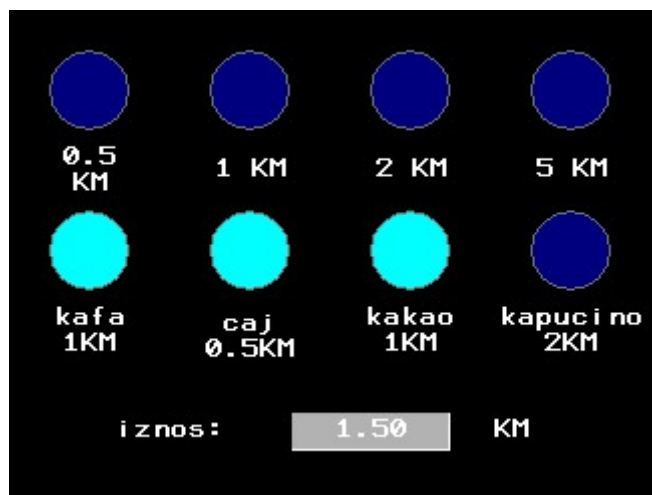
Pri pokretanju projekta korisniku se nude četiri opcije na kafe aparatu i to su kafa, čaj, kakao i kapučino. Da bi korisnik mogao izabrati jednu od opcija, najprije mora da ubaci novac koji je, zbog potrebe projekta, predstavljen kao dugmad na koja se nakon pritiska simulira ubačen novac. Na dnu ekrana se korisniku prikaže iznos ubačenog novca. Izgled početnog ekrana je dat na slici 4.1.



Slika 4.1: Početni ekran

Nakon što se ubaci 1.50 KM korisnički ekran će izgledati kao na slici 4.2. Ponudile su se opcije za kafu, čaj i kakao tako što je kružić posvijetlio jer je ubačen novac veći od cijene tih proizvoda. Cijena za kapučino je veća nego trenutni iznos pa se ta opcija ne nudi odnosno klikom na kružić za kapučino ne izaziva nikakvu promjenu u programu.

Nakon biranja željene opcije, program vodi na naredni prozor na kojem se prikazuje faza pripreme traženog produkta. Za primjer će se uzeti da je korisnik izabrao kafu. Kafa se priprema tako što se 5 sekundi sipa voda, 5 sekundu prah za kafu i 1 sekundu šećer. Izgled programa kada se proizvodi kafa je data na redom slikama 4.3, 4.4 i 4.5.



Slika 4.2: Početni ekran nakon ubacivanja 1.50 KM



Slika 4.3: Sipanje vode



Slika 4.4: Stavljanje šećera

Nakon pripreme proizvoda prikaže se naredni prozor gdje se čeka da korisnik preuzme proizvod i kusur. Time se sprječava da se pokrene proces pripreme druge narudžbe dok prva



Slika 4.5: Sipanje vode

nije preuzeta. Izgled pomenutog prozora je dat na slici 4.6

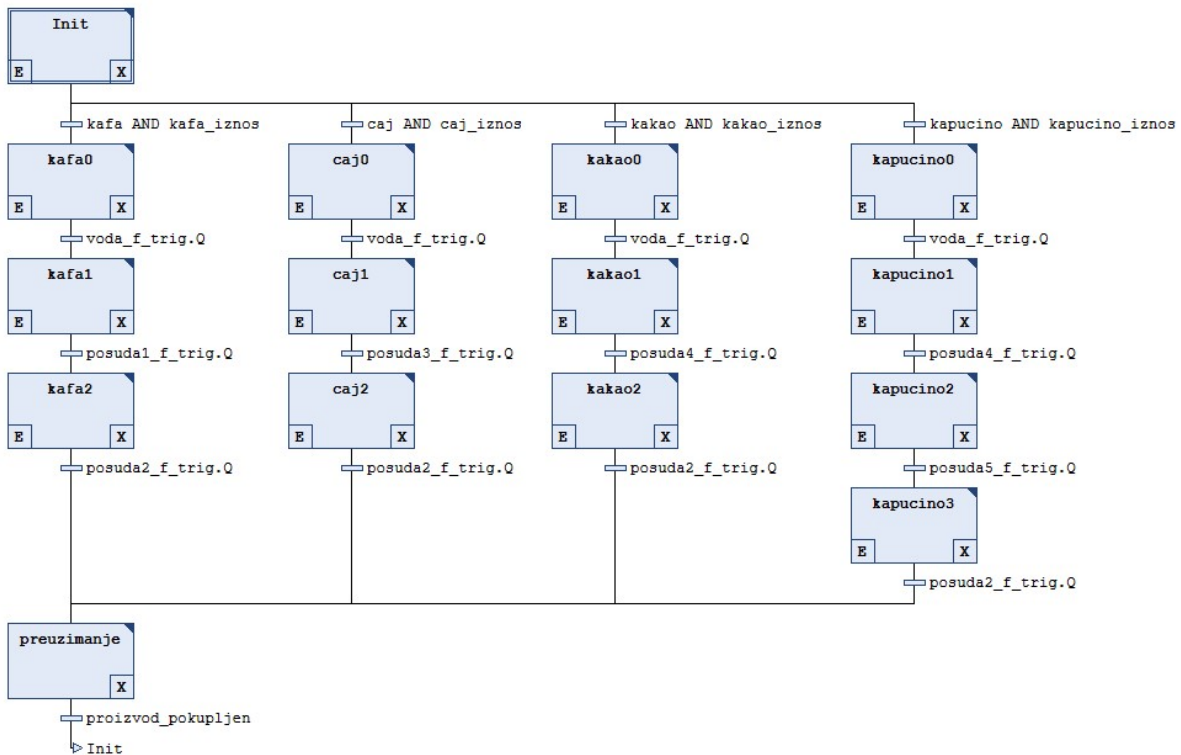


Slika 4.6: Ekran za preuzimanje narudžbe

Nakon preuzimanja narudžbe program se vraća na početni ekran kao na slici 4.1 i čeka svoju sljedeću narudžbu.

4.2 Kod za kafe aparat

Ovaj program je realizovan pomoću sekvencijalnog funkcionalog grafika (SFC) jer je to najlakši način izvedbe ovakvog tipa problema. Izgled SFC-a je dat na slici 4.7. U ovom dijelu će se prikazati kod za svaki blok sa slike u primjeru kada se pravi kafa, zajedno sa imenima blokova, dok za ostale slučajeve kod bi bio vrlo sličan.



Slika 4.7: Izgled programa u SoMachine-u pomoću SFC-a

1. Init_entry:

```
kafa_iznos := FALSE;
caj_iznos := FALSE;
kakao_iznos := FALSE;
kapucino_iznos := FALSE;

kafa_u_proizvodnji := FALSE;
caj_u_proizvodnji := FALSE;
kakao_u_proizvodnji := FALSE;
kapucino_u_proizvodnji := FALSE;

okidac_posuda1 := FALSE;
okidac_posuda2 := FALSE;
okidac_posuda3 := FALSE;
okidac_posuda4 := FALSE;
okidac_posuda5 := FALSE;
okidac_voda := FALSE;
```

```
voda_f_trig ( CLK := pomocna );  
posuda1_f_trig ( CLK := pomocna );  
posuda2_f_trig ( CLK := pomocna );  
posuda3_f_trig ( CLK := pomocna );  
posuda4_f_trig ( CLK := pomocna );  
posuda5_f_trig ( CLK := pomocna );
```

2. Init_active:

```
kafa_iznos := FALSE;  
caj_iznos := FALSE;  
kakao_iznos := FALSE;  
kapucino_iznos := FALSE;  
  
kafa_gotova := FALSE;  
caj_gotov := FALSE;  
kakao_gotov := FALSE;  
kapucino_gotov := FALSE;  
  
IF ( iznos ) > 10 THEN  
  
    polaKM := FALSE;  
    jedanKM := FALSE;  
    dvaKM := FALSE;  
    petKM := FALSE;  
  
    kafa_iznos := TRUE;  
    caj_iznos := TRUE;  
    kakao_iznos := TRUE;  
    kapucino_iznos := TRUE;  
  
ELSE  
  
    IF polaKM = TRUE THEN  
        iznos := iznos + 0.5;  
        polaKM := FALSE;  
    END_IF;  
  
    IF jedanKM = TRUE THEN  
        iznos := iznos + 1;  
        jedanKM := FALSE;  
    END_IF;  
  
    IF dvaKM = TRUE THEN  
        iznos := iznos + 2;  
        dvaKM := FALSE;  
    END_IF;
```

```
IF petKM = TRUE THEN
    iznos := iznos + 5;
    petKM := FALSE;
END_IF;

IF iznos >= 0.5 THEN
    caj_iznos := TRUE;
END_IF;

IF iznos >= 1 THEN
    kafa_iznos := TRUE;
    kakao_iznos := TRUE;
END_IF;

IF iznos >= 2 THEN
    kapucino_iznos := TRUE;
END_IF;
```

```
END_IF;
```

3. Init_exit:

```
proizvod_pokupljen := FALSE;
```

4. kafa0_entry:

```
iznos := iznos -1;
kafa := FALSE;
okidac_voda := TRUE;

kafa_u_proizvodnji := TRUE;
```

5. kafa0_active:

```
voda_timer ( IN := okidac_voda , PT:= T#5S );
voda := voda_timer.Q;

voda_f_trig (CLK:= voda_timer.Q);
okidac_voda := FALSE;
```

6. kafa0_exit:

```
okidac_posuda1 := TRUE;
```

7. kafa1_active:

```
posuda1_timer(IN := okidac_posuda1, PT := T#5S);
posuda1 := posuda1_timer.Q;

posuda1_f_trig (CLK := posuda1_timer.Q);
okidac_posuda1 := FALSE;
```

8. kafa1_exit:

```
okidac_posuda1 := FALSE;  
okidac_posuda2 := TRUE;
```

9. kafa2_active:

```
posuda2_timer(IN := okidac_posuda2, PT := T#1S);  
posuda2 := posuda2_timer.Q;  
  
posuda2_f_trig (CLK := posuda2_timer.Q);  
okidac_posuda2 := FALSE;
```

10. kafa2_exit:

```
okidac_posuda2 := FALSE;  
okidac_posuda3 := TRUE;  
  
kafa_u_proizvodnji := FALSE;  
kafa_gotova := TRUE;
```

11. preuzimanje_exit:

```
iznos := 0;
```


Poglavlje 5

Hardversko rješenje

5.1 Komponente potrebne za izradu

Da bi se data aplikacija upotpunila potrebno je spojiti određene hardverske komponente sa PLC-om. Da bi se riješila problematika hardverskih komponenti potrebno je riješiti probleme prepoznavanja kovanica, i mehanizma za sipanje vode i drugih sastojaka koje se nalaze u kafe aparatu.

Prepoznavanje kovanica se može odraditi sa optičkim senzorima (slika 5.1). Optički senzori koriste svjetlost i refleksiju da identifikuju kovanice na osnovu njihovih karakteristika. Oni mogu detektovati boju, veličinu, oblik, prisustvo određenih markera ili znakova na novčanicama. Za potrebe projekta potrebna su četiri optička senzora jer aplikacija prima četiri vrste kovanica (0.5KM, 1KM, 2KM, 5KM). Optički senzori se spoje na ulaz u PLC, recimo ulazi I0, I1, I2 i I3.



Slika 5.1: Optički senzor

Nakon rješavanja problema prepoznavanja kovanica, potrebno je primiti narudžbu od korisnika. Za te potrebe će se koistiti tasteri koji su normalno otvoreni (normally open, slika 5.2). Pritiskom na taster aktivirat će se signal i poslati u program. Za potrebe projekta su potrebna 4

pomenuta tastera jer se nude 4 opcije (kafa, čaj, kakao i kapučino). Tasteri će se spojiti na PLC ulaze, recimo I4, I5, I6, i I7.



Slika 5.2: Taster normally open

Za izlazne komponente je potreban sistem kako stavljati vodu i ostale sastojke. Ovo se može riješiti tako da se posuda otvara i zatvara uz pomoć ventila, a za potrebe projekta će se koristiti elektromagnetni ventil (slika 5.3). Oni se aktiviraju električnim impulsom koji otvara ili zatvara ventil. Elektromagnetni ventili su pouzdani, imaju brzi odziv i omogućavaju preciznu kontrolu protoka vode. Ventili će se spojiti na izlaze PLC-a, na primjer Q0, Q1, Q2, Q3.



Slika 5.3: Elektromagnetni ventil

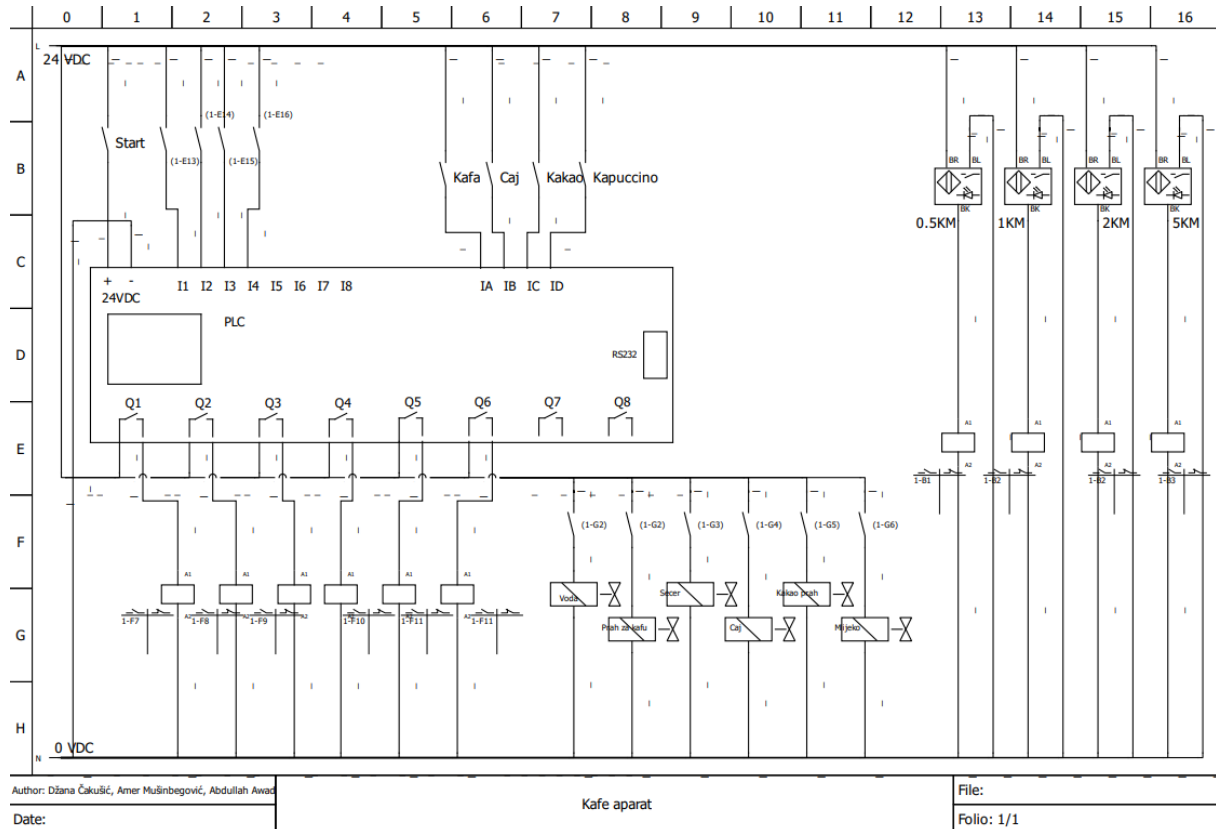
Ostalo je još da se napravi sistem koji bi prepoznavao da je čaša preuzeta nakon što se napravi. To se može napraviti pomoću senzora udaljenosti gdje bi senzor bio postavljen ispod čaše. Za primjer bi uzeli infracrveni senzor udaljenost (IC senzor, slika 5.4) koji emituju infracrvene signale i mjerenjem reflektovane svjetlosti ili vremena potrebnog da se svjetlost vrati, procjenjuju udaljenost do objekta. Oni su relativno niske cijene i jednostavne upotrebe.



Slika 5.4: Infracrveni senzor udaljenosti

5.2 Shema spajanja

Schema spajanja je data na slici 5.5. Obzirom da je odabrano šest mogućih sastojaka od kojih se prave proizvodi, PLC mora imati barem šest izlaza. Međutim, dodavanjem dodatnih sastojaka potrebno je koristiti više ulaza. Navedeno ograničenje je moguće prevazići korištenjem MUX i DEMUX, ali zbog relativno malog broja sastojaka, u ovom slučaju nije urađeno. Kako PLC predstavlja ubjedljivo najskuplju komponentu sistema, i ulazi i izlazi iz istog su povezani preko releja što predstavlja dodatni sloj zaštite kao i mogućnost i lakše zamjene ostalih komponenti u slučaju kvara.



Slika 5.5: Shema povezivanja u QElectroTech-u

Poglavlje 6

Zaključak

Zaključuje se da ovaj zadatak demonstrira praktičnu primjenu softverskog alata SoMachine u izradi kafe aparata. Implementiranjem četiri tastera za odabir napitaka, sistem za prihvatanje kovanica i mogućnost skladištenja napitaka, postiže se efikasno i jednostavno korisničko iskustvo. Kafe aparat predstavlja primjer integrisanog sistema koji spaja softverske i hardverske komponente radi stvaranja funkcionalnog i korisnog uređaja. Važno je napomenuti da je realizacija zadatka omogućena korištenjem programabilnog logičkog kontrolera (PLC). PLC je ključna komponenta koja omogućava automatizaciju i upravljanje svim procesima unutar kafe aparata. On igra vodeću ulogu u nadzoru i upravljanju sistemima poput kafe aparata i sličnih. Korištenjem SoMachine softverskog alata, moguće je lako programirati PLC kako bi se izvršavale različite funkcije, uključujući obradu unosa tastera, upravljanje prihvatanjem kovanica, pripremu napitaka i kontrolu skladištenja. Također, u zavisnosti od zahtjeva i potreba korisnika, moguće je ponuditi dosta kompleksnije rješenje realizacije ovog automata koje nudi znatno više opcija.

Upotreba PLC kontrolera kroz SoMachine softverski alat donosi prednosti u efikasnosti, pouzdanosti i lakoći programiranja, čineći kafe aparat intuitivnim i praktičnim za korisnike.

Literatura

- [1] Šepac, M., “Programirljivi logički kontroleri”, dostupno na: <https://repository.ffri.uniri.hr/islandora/object/ffri%3A816/datastream/PDF/view> 2016.
- [2] Electronics, S., “Somachine, programming guide”, dostupno na: <https://www.se.com/in/en/download/document/EIO0000000067/> 2018.